

## DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XXXII.

sie, nach Vermischung mit Salzsäure, auf Zusatz von einem schwefligsauren Salze metallisches Tellur geben.

*Schwefelsaures Telluroxyd.* Wird gepulvertes Tellur mit so viel concentrirter Schwefelsäure übergossen, daß die Masse einen dünnen Brei bildet, und erhitzt man sie nun gelinde, so wird die Masse schön purpurroth. Diese Erscheinung, welche Magnus entdeckte, scheint von einer Auflösung des metallischen Tellurs herzuführen; die Farbe ist dieselbe wie bei Lösungen alkalischer Tellurmétalle, d. h. nicht oxydirter Tellurverbindungen, wodurch also die Meinung, die purpurrothe Farbe rühre von einem Oxydulsalz her, um so mehr ohne Grund erscheint, als ein solcher Oxydationsgrad gar nicht beim Tellur vorhanden zu seyn scheint. Die Purpurfarbe der Lösung hält sich so lange als noch eine Portion Flüssigkeit übrig ist, während der noch ungelöste Theil des Metalls sich auf Kosten der Säure oxydirt und schweflige Säure entwickelt. Erst dann ist die Säure zersetzt, das Ganze in eine weiße Masse verwandelt und alle Spur von Purpurfarbe verschwunden. Setzt man das weiße rückständige Salz einer sehr gelinden Hitze aus, eben hinreichend, die überschüssige Säure zu vertreiben, so bleibt eine weiße, erdartige Masse, ohne Zeichen von Krystallisation zurück. Auf der Zunge bringt sie die Empfindung der Trockenheit hervor, schmeckt aber nach einer Weile metallisch. In einer Retorte erhitzt, schmilzt sie, geräth in's Kochen, giebt wasserfreie Schwefelsäure, und hinterläßt eine leicht schmelzbare gelbe Masse, welche nach dem Erkalten durchsichtig und farblos wie Glas ist. Diefes ist noch ein basisches Salz, welches seine Durchsichtigkeit der Anwesenheit von Schwefelsäure verdankt. In offnem Tiegel umgeschmolzen, geht letztere fort und dann wird das Oxyd beim Erstarren krystallinisch und undurch-

sichtig. Das schwefelsaure Telluroxyd ist löslich in warmer Salpetersäure oder Salzsäure, und die gesättigte Lösung schießt beim Erkalten in Körnern an. Von Wasser wird es zersetzt, die Schwefelsäure mit einem höchst unbedeutenden Tellurgehalt ausgezogen, und die tellurige Säure zurückgelassen. Ich habe versucht 1 At. gepulverten Tellurs mit 1 At. wasserhaltiger Schwefelsäure und concentrirter Salpetersäure zu übergießen. Das Tellur wurde dann vollkommen aufgelöst, aber nach einer Weile setzte sich eine bedeutende Portion telluriger Säure in der von der Salpetersäure gewöhnlich hervorgebrachten Modification ab, und endlich, als die abgegossene Flüssigkeit zur Verjagung der Salpetersäure abgedunstet, und die Schwefelsäure darauf vorsichtig abgeraucht wurde, blieb das schwefelsaure Salz in perlmutterglänzenden Schuppen zurück.

*Salpetersaures Telluroxyd* existirt nur in Auflösung. Die Salpetersäure versetzt die tellurige Säure kurz darauf in die Modification *a* und die Verbindung mit ihr wird vollkommen aufgehoben.

*Oxalsaures Telluroxyd*. Pflanzensäuren lösen die tellurige Säure in der Modification *a* nicht merkbar auf, wohl aber leicht die Modification *b*. Das oxalsaure Salz schießt in Körnern an, zusammengesetzt aus concentrischen Radien. Es löst sich leicht wieder in Wasser.

*Essigsaures Telluroxyd* scheint nicht existiren zu können. Concentrirte wie verdünnte Essigsäure läßt die tellurige Säure in der Modification *b* ganz ungelöst; sie dunstet vollständig davon ab, und aus der trocknen Masse entwickelt Schwefelsäure keine Spur vom Geruch der Essigsäure.

*Weinsaures Telluroxyd* ist ein in Wasser leicht auflösliches Salz, welches bei freiwilliger Abdunstung zu einer farblosen, durchsichtigen, strahlig, krystallisirten Masse eintrocknet. Die Auflösung derselben in Wasser wird nicht gefällt: von Alkali, von Boraxlösung, von mo-

lybdänsaurem Ammoniak, von tellursaurem Natron und von Galläpfelaufguss.

*Weinsaures Telluroxyd-Kali.* Cremor Tartari löst bei Digestion auch die tellurige Säure von der Modification *a*. Die Verbindung setzt dann, auch wenn man die Säure von der Modification *b* angewandt hat, viel Cremor tartari ab, und trocknet endlich zwischen den Krystallen zu einer klaren firnissartigen Masse ein. Das Salz wird vom kalten Wasser zersetzt, wird dabei weiß und läßt tellurige Säure ungelöst. Erwärmt man das Gemenge, so löst sich die tellurige Säure wieder auf und bleibt aufgelöst bis zum Erkalten der Flüssigkeit. Behandelt man das wiederum eingetrocknete Salz mit Wasser, so wird sie abermals abgeschieden. In der Vermuthung, die Tellursäure, welche in vielen ihrer Eigenschaften der Borsäure ähnelt, werde sich auch mit dem sauren weinsaueren Kali verbinden, löste ich von beiden 1 At. zusammen in Wasser; allein bei Digestionswärme reducirte sich eine Portion Tellur zu Metall, die Flüssigkeit ward gelb, und enthielt nun ein Gemenge von Weinstein und weinsauerm Telluroxydkali aufgelöst.

*Citronensaures Telluroxyd* erhält man durch Sättigung der Citronensäure mit telluriger Säure von der Modification *b* und freiwilliger Verdunstung der Lösung, wobei das Salz in regelmässigen und grossen, farblosen, durchsichtigen, prismatischen Krystallen anschiefst, die sich leicht wieder in Wasser lösen.

LVII. *Ueber Beseitigung des schädlichen Raums  
in der Luftpumpe; von G. Pohl.*

Die Mängel physikalischer und mathematischer Instrumente sind entweder in der allgemeinen und *unvermeidlichen* Unvollkommenheit begründet, die überall bei der practischen Ausführung nur eine *gradweise* Annäherung an das reine Vorbild in der Idee gestattet; oder sie sind *specifisch*, indem sie auf einer fehlerhaften Anordnung der Theile des Apparats beruhen, die *vermieden* und mit einer zweckmäßigeren Einrichtung vertauscht werden kann. Die Frage, zu welcher von beiden Klassen der Mangelhaftigkeit das unter dem Namen des schädlichen Raums bekannte Uebel unserer Luftpumpen zu zählen sey, beantwortet sich vermöge der Natur des Gegenstandes von selbst ohne weitläufige Entscheidung. Man sieht sehr bald, daß man es dabei keineswegs etwa mit einem bloß graduellen Mangel, sondern mit einer wirklich specifischen Fehlerhaftigkeit in der Anlage und Einrichtung des Instruments selbst zu thun habe. Es ist mithin aus theoretischem und practischem Gesichtspunkt gleich wichtig, jenen Uebelstand nicht bloß, wie es meistens geschehen ist, nur zu mildern und theilweise zu heben, sondern durch eine zweckmäßige Construction ganz und aus dem Grunde zu beseitigen. Denn so viel Erfordernisse es übrigens sind, auf welchen noch aufser der Vermeidung des schädlichen Raums die Güte einer Luftpumpe beruht, so unerläßlich scheint es doch, jenes Gebrechen zu beseitigen, in welchem gerade ein Hauptinstrument unseres physikalischen Apparates noch bis heute mit dem Makel seiner ersten fehlerhaften Einrichtung behaftet geblieben ist, und welches, gegen die in anderen Beziehungen mühevoll errungenen Vorzüge dieses Instrumentes

durch die Beschränkung seiner Leistung und durch den Widerspruch mit dem reinen Begriff desselben, nur um so störender und mahnender hervortritt.

Das Verfehlté der bisherigen Einrichtung bei den Hahnlustpumpen besteht darin, daß der innere Raum des Stiefels durch den Körper, welcher ihn eigentlich unmittelbar abzuschließen bestimmt ist, nämlich durch den Hahnwirbel, nicht unmittelbar, sondern noch erst durch den Zwischenkörper der Hahnenhäuse und des Stiefelbodens geschlossen wird, die nun ihrerseits weiter mit gebieterischer Nothwendigkeit den Kanal fordern, der durch ihre Masse hindurch zwischen Stiefel und Hahnwirbel sich erstreckt, und den ausschließlichen Sitz des Uebels bildet. So lange nicht an die radicale Ausmerzung dieses schädlichen Zwischenraums gedacht ist, scheint wenigstens unter allen Vorkehrungen gegen seine nachtheilige Wirkung diejenige, wodurch vermöge eines am Boden des Embolus befindlichen Kegels jener ebenfalls konisch geformte Kanal beim Rückgange des Kolbens verstopft wird, die wirksamste zu seyn. Die Erfahrung lehrt indess bald auch die Unzulänglichkeit dieser versuchten Abhülfe erkennen. Füllt der kegelförmige Zapfen den zu schließenden Kanal nicht genau aus, so ist wenig oder nichts gewonnen; tritt hingegen der Zapfen, die Oeffnung genau verschließend, bis zur Berührung mit dem Hahnwirbel hinab, so wird unvermeidlich die Oberfläche des letzteren durch Stofs oder bei seiner Umdrehung durch das Hinstreifen an der Zapfenspitze beschädigt und mit dem Hahn das ganze Instrument sehr bald völlig unbrauchbar gemacht.

Von sonstigen Einrichtungen ist mir keine bekannt, in welcher das Grundübel auf reelle Weise vollständig beseitigt wäre, bis auf die vom Pariser Mechanikus Fortin aufgestellte Species, die aber keine Hahnlustpumpe, auch keine gewöhnliche Ventilpumpe ist, sondern dadurch, daß der ganze Stiefelboden wie ein Schieber in luftdicht

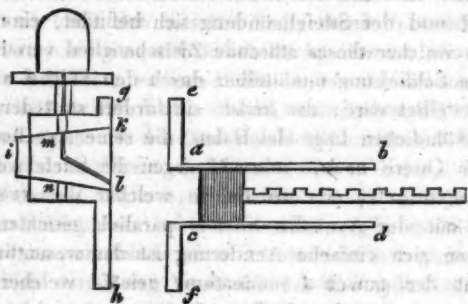
schließenden Fugen beweglich ist, auf ganz eigenthümliche Weise von allen übrigen Constructionsformen abweicht. Gerade aber durch diese Schieberplatte, die zwar wie ein Hahnwirbel die Communication mit der Campana und äusseren Luft abschließt, aber ohne wie jener noch durch die ihn umgebende Hülsenwand vom inneren Cylinderraum getrennt zu seyn, ist hier die bei den sonstigen Hahnluftpumpen erforderliche Einführung des schädlichen Kanals ganz und gar beseitigt. Die Schieberplatte ist in angemessener Entfernung zweimal senkrecht gegen ihre Fläche durchbohrt und von diesen Durchbohrungen wird je eine, entweder für die Communication mit der Campana oder mit der äusseren Luft, durch Verschiebung der Platte, an die passliche Stelle im inneren Raum des Stiefels gebracht, während die andere außerhalb desselben fällt. Die Luft, welche nach jedesmaliger Evacuation in der mit der Campana communicirenden Durchbohrung zurückbleibt, behält auf diese Weise, da die Durchbohrung zugleich, wenn sie aus dem Bereich des inneren Stiefelraums bei der Verschiebung hinaustritt, zwischen genau anschliessenden Platten sich bewegt, den jedesmaligen Grad der Verdünnung mit dem in der Campana bis zum nächstfolgenden Evacuationszuge ungeändert bei, so daß bei der Wirkung des Instruments, unter sonst geeigneten Eigenschaften, die störende Intervention des schädlichen Raums hiernach ganz überwunden ist. Wie schwierig es aber sey, den luftdichten Schluß des Schiebers zwischen den Fugen und Deckplatten mit dem erforderlichen Parallelismus der Flächen zu erhalten, wie sehr das Instrument durch die Mühe und Kunst der Bearbeitung, welche dieser Theil desselben fordert, vertheuert werde, und wie wenig es deshalb zu gemeinnützigem Gebrauche geeignet sey, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung.

Dagegen hat die Einrichtung einer Hahnluftpumpe, welche sich mir als zweckgemäfs dargeboten hat, und die

ich hier kürzlich beschreiben will, den Vortheil ungleich leichterer Ausführbarkeit vor der Fortin'schen Zusammenstellung voraus, während der schädliche Raum und seine nachtheilige Wirkung in ihr eben so vollständig und von Grund aus beseitigt sind, als in jener. Die wesentliche Bedingung, auf welche es, wie bereits oben bemerkt ist, hier ankommt, daß zwischen der Stiefelmündung und dem sie sperrenden Körper keine Zwischenwand mit einem besonderen Kanal sich befinde, schließt nämlich keineswegs den Gebrauch eines gewöhnlichen Hahns aus; nur fordert sie statt der bisher überall beibehaltenen Lage desselben, in welcher ein Theil der Hülse zwischen dem Wirbel und der Stiefelmündung sich befindet, eine solche, in welcher dieses störende Zwischenglied vermieden und die Schließung unmittelbar durch den Wirbel selbst bewerkstelligt wird; das heißt, sie fordert statt der bisher gewöhnlichen Lage des Hahns, die seine Axe beständig der Quere nach, senkrecht gegen die Stiefelaxe gekehrt seyn ließe, eine solche, in welcher die Axe des Hahns mit der Axe des Stiefels parallel gerichtet ist. Diese an sich einfache Aenderung ist das wesentlichste Moment der ganzen Combination, gemäß welcher die übrigen zum Zweck gehörigen Bestimmungen sich ohne Schwierigkeit ergeben. Man sieht demnächst bald, daß die *Stirnfläche* des Wirbels, d. h. diejenige seiner beiden kreisförmigen Begrenzungen, welche nach dem Innern des Stiefels gekehrt ist, in der Ebene des Stiefelbodens liegen müsse, und zwar excentrisch, damit von den beiden gehörig geleiteten Durchbohrungen des Wirbels jede einzelne für sich durch Drehung desselben entweder frei in den Stiefel ausmünde oder hinter der nach aufsen hervorstehenden Randplatte des Stiefels gedeckt werde; während die entgegengesetzten Mündungen entweder respective zur Campana und nach Aufsen gehen oder an der Hülsewandung verschlossen anliegen, so oft die vorderen durch die Randplatte des Stiefels gedeckt



sind. Auf diese Weise wird der nämliche Zweck vollkommen so wie in der Fortin'schen Pumpe erreicht; aber statt dafs dort der ganze Stiefelboden beweglich ist, ist es hier nur ein Theil desselben, in welchen die Stirnfläche des Hahnwirls fällt, und statt dafs dort die Bewegung durch geradlinige Verschiebung einer Platte in Nuten bewirkt wird, geschieht sie hier durch gewöhnliche kreisförmige Drehung eines mit sicherem Schlufs in seiner Hülse gelagerten Hahnwirls. Das Nähere wird jetzt vollends mit Hülfe der hier beigefügten Durchschnittszeichnung deutlich vor Augen treten.



Es sey *abcd* der Stiefel, an dem nach dem Teller gekehrten Ende mit der gewöhnlichen Randplatte *ef* versehen, die bei dieser Einrichtung nur breiter und füglich noch einmal so breit, als es sonst zu geschehen pflegt, ausgeführt ist. Die eben so grosse Bodenplatte *gh*, welche den Hahn trägt, wird auf die übliche Weise mit Schrauben an die Randplatte, in allen Punkten luftdicht anschliessend befestigt. Man muß sie sich also im Folgenden überall der Randplatte unmittelbar und congruent anliegend denken, da sie in der Zeichnung nur Deutlichkeit wegen abgesondert davon vorgestellt ist. Das aufsitzen- de Hülsestück und der durchbrochene Theil der Bodenplatte selbst bilden das konische Lager des Hahn-



wirbels *ikl*, der mit seiner Stirnfläche *kl* genau in die Ebene der Bodenplatte *gh* fallen und eben so, wie diese selbst, in allen Punkten an die Randplatte *ef* luftdicht anschließen muß. Die Bewerkstellung dieses innigen Contacts hat für einen einigermaßen geübten Künstler keine Schwierigkeit; mehr Geschick und überlegte Behandlung erfordert es, bei der excentrischen Lage des Hahns die senkrechte Stellung seiner Axe gegen die Ebene der Platte in dem Grade genau zu erhalten, daß bei der Drehung um sich selbst seine Stirnfläche in der Ebene der Platte bleibe oder diese wenigstens nicht merklich verlasse. Die Axe des Hahns ist so weit aus dem Centrum der Platte gerückt, daß der größte Theil der Stirnfläche von der Randplatte des Stiefels in *ae* bedeckt wird, und nur ein kleiner Abschnitt bei *l* innerhalb des Stiefels in die eigentliche Grundfläche desselben hineinfällt. Das Hülsenstück des Hahns ist an zwei entgegengesetzten Stellen bei *m* und *n* mit Oeffnungen versehen, deren eine *m* zum Teller, die andere *n* nach Außen in die Atmosphäre geht. Giebt man dem Stiefel eine horizontale Lage, so kann, wie es in der Zeichnung angedeutet ist, der Teller mit der Campana gleich über dem Hülsenstück des Hahns angebracht seyn; bei einer stehenden Stellung des Stiefels bedarf es des gewöhnlichen längeren Communicationsrohrs zwischen beiden.

Die eine von den Durchbohrungen des Hahnwirbels ist in der Zeichnung in der Lage angegeben, vermöge welcher sie mit dem einen Ende bei *m* in den Teller und mit dem andern durch den Abschnitt bei *l* unmittelbar in den Stiefel mündet. Wenn demnächst durch Bewegung des Kolbens vom Stiefelboden abwärts eine Verdünnung der Luft in der Campana bewirkt ist, und man sodann den Hahnwirbel, durch Drehung eines bei *i* angebrachten Hebelarms, eine Viertelwendung machen läßt, so rücken die Mündungen der Durchbohrungen von *m* und *l* fort, jene an der Hülsenwandung, diese an der Rand-

platte sich schließend. Jetzt aber werden von einer zweiten Durchbohrung des Hahnwirbels die so lange auf dieselbe Art abgeschlossen gewesenen Endigungen dergestalt frei, daß die eine an  $n$ , die andere an  $l$  rückt, und daß mithin durch jetzt erfolgende Zurückbewegung des Kolbens alle im Stiefel befindliche Luft durch  $n$  in die Atmosphäre hinausgetrieben wird. Wenn hierauf also der Hahnwirbel in die erstere Lage wieder zurückkehrt und die Flächen des Kolbens und Stiefelbodens auf allen Punkten zugleich in unmittelbare Berührung getreten sind, so befindet sich zwischen der Campane und dem Kolben keine andere Luft, als die, welche im Kanal  $ml$  nach der vorhergegangenen Verdünnung zurückgeblieben ist, die mithin bei der unterdeß stattgefundenen vollkommenen Verschließung dieses Kanals denselben Grad der Verdünnung wie die in der Campane befindliche Luft behalten hat, und daher keinen schädlichen Einfluß auf den Fortgang der Verdünnung ausüben kann. Es ist leicht noch eine dritte Durchbohrung in dem Hahnwirbel auszuführen, dergestalt, daß nach einer Viertelsdrehung desselben, in einer der oben zuerst erwähnten Drehung entgegengesetzten Richtung, das eine Ende dieser Durchbohrung wieder bei  $m$  nach dem Teller, das andere aber an der zu Tage liegenden Fläche des Wirbels bei  $i$  frei in die Atmosphäre mündet, um bei irgend einem Grade der Luftverdünnung in der Campane auch sofort beliebig wieder durch Zulassung der atmosphärischen Luft den natürlichen Zustand der Dichtigkeit herstellen zu können, ohne zu diesem Behuf eines zweiten besonderen Hahns zu bedürfen.

Um überhaupt einem nach diesem Entwurf anzufertigenden Instrument den Vorzug möglich größter Einfachheit zu sichern, würde ich dasselbe, auch bei einem nach dem größten Maasstabe unternommenen Bau, nicht leicht mit zwei Stiefeln construiren; wohl aber scheint die angegebene Beschaffenheit des Hahns vorzüglich ge-

eignet, durch Anwendung desselben auf beiden Seiten eines Cylinders von hinlänglicher Weite und mittelst einer die Kolbenstange umschließenden Lederbüchse, eine Pumpe von vorzugsweise kräftigem Effect mit doppelt wirkendem Stiefel herzustellen. Die beiden in solcher Weise angebrachten Hähne, daß sie, in gleicher Richtung gedreht, entgegengesetzte Oeffnung und Schließung bewirken, so daß immer der Kolben die Luft durch die erste Bohrung des Hahnwirbels auf der einen Seite hinter sich her aus der Campana in den Stiefel zieht und durch die zweite auf der andern Seite vor sich her aus dem Stiefel in die Atmosphäre treibt, gestatten zu diesem Behuf durch die parallele Lage ihrer Axen mit der Stiefelaxe die höchste Einfachheit im Mechanismus und in der Manipulation.

Ich habe bis jetzt nur Gelegenheit gehabt, nach der obigen Idee eine kleine Handluftpumpe mit einfach wirkendem Stiefel in Ausführung zu bringen, die von dem geschickten Universitätsmechanikus Pinzger zu Breslau für das physikalische Institut der Universität gefertigt ist, und die sich, ungeachtet einer nur mittelmäßigen Beschaffenheit des Stiefels und Kolbens, welche von einem älteren, nicht mehr zum Gebrauch dienenden Exemplar einer kleinen zweistiefeligen Luftpumpe bloß versuchsweise dazu verwandt worden, durch eine so gute und rasche Wirkung empfiehlt, daß dadurch vollkommene Bürgschaft für das Gelingen jedes größeren, unter den angemessenen Erfordernissen auszuführenden Werks der Art geleistet ist. Ich bemerke nur noch hinsichtlich der Alternative, welche in der Anwendung des Hahns bei Pumpen dieser Art stattfindet, sofern entweder die breite oder schmale Seite des konischen Wirbels gegen die Randplatte des Stiefels als Stirnfläche gekehrt werden kann, daß in dem eben erwähnten kleinen Probeexemplar, so wie es zugleich in der obigen Zeichnung angedeutet ist, die breite Fläche zur Stirnfläche genommen ist. Diese

Wahl gewährt den Vortheil, daß dabei der Wirbel stets vermöge seiner Gestalt von selbst gegen die Randplatte und Hülzenwandung unter gleichmäßigem Drucke festgehalten wird; aber es ist auf der andern Seite damit der Nachtheil verbunden, daß man den Wirbel nicht anders, als nach Ablösung der ganzen Bodenplatte aus seinem Lager nehmen kann, und wenn nach längerem Gebrauch der Schlufs zwischen Wirbel und Hülse zu locker geworden, so kann das alte Wirbelstück nicht länger benutzt, sondern muß durch ein neu gefertigtes ersetzt werden. Wird hingegen der Wirbel mit seiner schmalen Grundfläche gegen die Randplatte gekehrt, so kann er für sich aus seinem Lager genommen, auch, wenn es mit der Zeit erforderlich wird, tiefer in sein Lager eingerieben werden, ohne daß es eines neuen Exemplars bedürfte, in sofern nämlich der hervorgetriebene Theil hinter der alten Stirnfläche fortgeschafft und eine neue auf der Randplatte wiederum genau verschleißende Stirnfläche gebildet wird. Aber das innigere, durch gleichmäßigen Druck beförderte Anschließen des Wirbels, die gute Wirkung und Dauer desselben scheinen in diesem Falle nicht so begünstigt als in jenem, und jedenfalls bedarf es dabei noch einer besonderen Vorrichtung, vermittelt welcher der Wirbel von aussen durch eine hinlänglich starke Feder gegen die Hülzenwandung und Randplatte gepreßt wird, um so unverrückt in seiner Lage erhalten zu werden.

#### LVIII. *Stroboskopische Scheiben, Phänakistikop, Phantasmaskop.*

Nur wenige Leser der Annalen möchte es wohl geben, welche nicht Gelegenheit gehabt hätten, das unter dem Namen der stroboskopischen Scheiben seit länger als ei-

nem Jahr in Deutschland so allgemein verbreitete und jetzt fast wieder vergessene Spielwerk, seiner Wirkung nach, kennen zu lernen. Dennoch halten wir es nicht für überflüssig, demselben hier einige Seiten zu widmen, einerseits, da seine Theorie vermuthlich nicht so allgemein verstanden seyn dürfte, und es doch in theoretischer Beziehung so gut wie das *Kaleidoskop* (Gilb. Annalen, Bd. LIX S. 341), das *Kaleidophon* (dies. Ann. Bd. X S. 470), der *Thaumatrope* (Ann. Bd. X S. 480) und ähnliche von Roget (Ann. Bd. V S. 93), Wheatstone (Ann. Bd. X S. 478), Plateau (Ann. Bd. XX S. 304) und Faraday (Ann. Bd. XXII S. 601) beschriebene Vorrichtungen und Erscheinungen einen Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung ausmacht, andererseits aber, da es vermuthlich in der Folge noch zu mehreren andern belehrenden und unterhaltenden Anwendungen des ihm zum Grunde liegenden Principes führen wird, eine Vermuthung, die zum Theil schon durch den nächstfolgenden Aufsatz gerechtfertigt ist.

Für Die, welche noch keine stroboskopische Scheibe gesehen haben sollten, mag gesagt seyn, daß sie sich darunter eine Pappscheibe zu denken haben, welche gegen ihren Umfang hin mit einer gewissen Anzahl rechteckiger Oeffnungen versehen, und auf der einen Seite mit verschiedenen Figuren, menschlichen Gestalten, Thieren, Maschinentheilen u. s. w., bemalt ist. Wenn man eine solche Scheibe vor einem Spiegel schnell um ihren Mittelpunkt kreisen läßt, und währenddessen mit einem Auge durch die vorübereilenden Oeffnungen sieht, so erblickt man die Figuren durch Reflexion im Spiegel, aber nicht verworren durcheinander, wie es der Fall seyn würde, wenn man neben der Scheibe in den Spiegel sähe, sondern deutlich begränzt und regelmäßige periodische Bewegungen machend, die mit dem Charakter dieser Figuren in Uebereinstimmung stehen. Sind z. B. Räder auf die Scheibe gezeichnet, wie es Fig. 5 Taf. V vorstellt,

so gewahrt man beim successiven Sehen durch die Oeffnungen  $a_1, a_2 \dots a_8$  die Räder 1, 2 . . 8, 9 in einer doppelten Bewegung begriffen, in einer rotirenden und in einer fortschreitenden. Aehnlich sind die Erscheinungen bei complicirteren Figuren, z. B. menschlichen Gestalten; man sieht jede derselben die Bewegungen machen, deren einzelne Momente durch die Gesamtzahl der Figuren vorgestellt sind.

Die Ursache dieser Täuschungen ist sehr einfach; sie liegt darin, dafs die Lichteindrücke in unserem Auge eine Weile beharren, etwa 0,2 Secunde, wiewohl länger oder kürzer, nach Verschiedenheit der Augen, der Farbe und Helligkeit des Gegenstands. Wenn demnach ein Gegenstand abwechselnd so lange sichtbar bleibt, als zur Hervorbringung eines Lichteindrucks erforderlich ist, und so lange verdeckt wird, als noch der gemachte Lichteindruck mit einer gewissen Stärke beharrt, so werden wir ihn ununterbrochen zu sehen glauben, nur wird er uns dunkler erscheinen als im Fall wir ihn wirklich ohne Unterbrechung gesehen hätten. Es ist ferner klar, dafs wir glauben werden, immer den nämlichen Gegenstand, und zwar ruhend zu sehen, wenn auch derselbe bei jedesmaliger Verdeckung durch einen anderen ihm völlig gleichen und genau an seine Stelle gebrachten ersetzt wird. Wenn aber während der aufeinanderfolgenden Verdeckungen der ursprüngliche Gegenstand successiv mit anderen vertauscht wird, unter denen der erste von dem ursprünglichen und eben so jeder folgende von dem ihm zunächst vorangehenden nur darin abweicht, dafs er in etwas anderer Stellung oder an einem etwas anderen Ort, oder auch zugleich in Stellung und Ort ein wenig verschieden gezeichnet ist, so werden wir glauben, einen und denselben Gegenstand in derjenigen Bewegung begriffen zu sehen, welche die verschiedenen Stellungen und örtlichen Lagen der successiv dem Auge dargebotenen Gegenstände, der Reihe nach, einschliessen würde.

Dieser Vorgang ist es nun, welcher durch die stroboskopischen Scheiben verwirklicht wird. Fig. 5 Taf. V kann hier zur Erläuterung dienen. Sie zeigt (freilich 6 bis 8 Mal kleiner als sie in Wirklichkeit seyn muß) eine Scheibe mit 8 Oeffnungen und 9 Rädern, welche letztere Stück für Stück gegen die benachbarten Oeffnungen erstlich etwas mehr nach der Rechten und zweitens etwas mehr um ihre Axe gedreht dargestellt sind. Wird nun diese Scheibe vor einem Spiegel in Rotation versetzt, so gehen die Oeffnungen und deren Zwischenräume schnell vor dem Auge vorüber, und dieses erblickt also mit Unterbrechungen die vom Spiegel reflectirten Bilder der Oeffnungen und der Räder. Die Bilder der Oeffnungen zeigen sich ihm, sobald es nur unverrückt gehalten wird, immer an denselben Stellen, und daher scheinen sie still zu stehen. Anders verhält es sich mit den Rädern. Jedesmal wenn eine Oeffnung vor das Auge tritt, zeigt sich diesem, neben dem stillstehenden Bilde der Oeffnung das Bild eines mehr rechts fortgerückten und etwas weiter um seine Axe gedrehten Rades, und dadurch glaubt dasselbe, indem es beide Veränderungen combinirt, ein fortrollendes Rad zu erblicken <sup>1)</sup>. Diese Täuschung erstreckt

- 1) Während des Vorübergangs jeder Oeffnung sollten die einzelnen Bilder eigentlich in der Bewegung begriffen seyn, welche durch die Gesamtzahl der Bilder vorgestellt wird; statt dessen werden sie aber während dieser Zeit unverändert, bloß schnell vor dem Auge vorüber geführt. Deshalb stört jedes Bild, so lange es Licht in's Auge sendet, den Effect der optischen Täuschung, indem es ein Verwischen der Umrisse nach Richtung der Bewegung hervorbringt. Diese Störung ist desto größer, je breiter die Oeffnungen sind. Je schmaler die Oeffnungen sind, desto schärfer sind daher die Bilder, aber desto dunkler werden sie auch dann aus leicht begreiflichen Gründen. Das richtige Verhältniß der Breite kann nur durch Erfahrung gefunden werden; es hängt ab von der Natur der Bilder, ihrer Farbe und Beleuchtung. Die schädlichen Verrückungen sind bei Scheiben, die vor einem Spiegel gedreht werden, um so weniger merkbar,



sich aber nicht bloß auf das Bild des Rades, welches unterhalb der jedesmal vor dem Auge befindlichen Oeffnung gezeichnet ist, sondern auf alle Räderbilder, welche das Auge momentan zugleich übersieht. Sie alle erscheinen mit gleicher Geschwindigkeit und in gleichem Sinne fortzurollen, nur ist jedes gegen das nachfolgende in der Phase seiner Axendrehung etwas (im vorliegenden Beispiel um ein Neuntel der Peripherie) voraus. Wollte man, daß das Auge nur ein rollendes Rad erblickte, so müßte zwischen dem Spiegel und der Scheibe eine Cou-lisse eingeschoben werden, die zur Zeit nur ein oder ein Paar Räder am Spiegel reflectiren liefse.

Auf ähnliche Weise läßt sich jede andere gerad- oder krummlinige, gleich- oder ungleichförmige Bewegung dem Auge vorführen, nur muß dieselbe periodisch seyn, damit das letzte Bild auf der Scheibe sich eben so an das erste reihe, wie das erste an das zweite, das zweite an das dritte u. s. w. <sup>1)</sup>). Fast alle Bewegungen von Maschinen, und sehr viele von Menschen und Thieren sind periodisch, und eignen sich daher ganz vorzüglich zu diesen Täuschungen. Es ist zur Hervorbringung solcher periodischen Bewegungen, Handlungen und Beschäftigungen von Menschen und Thieren weiter nichts erforderlich, als daß man eine Periode derselben in eine Reihe durch gleiche Zeiträume <sup>2)</sup> getrennter Momente zer-

je mehr der Abstand der Löcher von dem Mittelpunkt den der Bilder von demselben Punkt übertrifft.

- 1) Es wäre nicht unmöglich auch nicht periodische Bewegungen darzustellen, doch würde dazu eine sehr große Anzahl Figuren erforderlich seyn, da während der Dauer einer Secunde mindestens fünf Bilder vor dem Auge vorübergeführt werden müssen.
- 2) Eine Zerfällung der Bewegung in Momente, die durch gleich große Zeiträume getrennt sind, ist nur nöthig wenn, wie in der Regel, die Oeffnungen gleich weit von einander stehen. Die Abstände der Oeffnungen brauchen aber nicht nothwendig gleich zu seyn; für gewisse Bewegungen, z. B. für hüpfende, können sie auch ungleich genommen werden.